Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 2, December 2024, pp. 141-158
Original Research
Homepage: https://ijpr.um.ac.ir

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱٤۰۳، ص. ۱٥۸-۱٤۱
نوع مقاله: پژوهشی

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.83890.1063

Grouping of Candidate Drought Tolerant Genotypes of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) based on Yield and Yield Components in Different Planting Dates in Water Deficit Conditions

Mehrdad Saeedian[1], Morteza Goldani[2*], Mehdi Parsa[2], Saeedreza Vessal[3]

Received: 25-08-2023
Revised: 03-02-2024
Accepted: 03-03-2024
Available Online: 03-11-2024

Cite this article:
Saeedian, M., Goldani, M., Parsa, M., & Vessal, S.R. (2024). Grouping of candidate drought tolerant genotypes of chickpea (*Cicer arietinum. L*) based on yield and yield components in different planting dates in water deficit conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*, *15*(1), 141-158. (In Persian with English Abstract). https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.83890.1063

Introduction
Given the expected population growth in the coming years and the necessity to provide food for people, legumes, especially chickpeas (*Cicer arietinum. L*), hold significant importance in terms of economics, nutrition, soil improvement, and crop rotation. Legumes are considered one of the most important sources of protein in most developing countries. Researchers believe that early cultivation of chickpeas leads to better performance due to the longer vegetative growth period and concurrent reproductive phase with appropriate rainfall and desirable moisture. On the other hand, studies show that spring planting of chickpeas leads to a reduction in all growth factors due to the simultaneous sensitive growth stages with water deficit and drought stress. This study was conducted to grouping of candidate chickpea genotypes in response to water deficit based on their yield performance and components at different planting dates.

Materials and Methods
This study was conducted at the research farm station of the Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, in the year 2018-19. In this research, six genotypes and two cultivars were evaluated in a randomized complete block design with four replications as a split-plot design. Seeds were obtained from the seed bank collection of Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad. Planting was done in two dates in 5 March and 13 April with a density of 40 plants per square meter. Also, irrigations were done only at two stages; the first stage was irrigated with the purpose of achieving the emergence and the second irrigation at the time of 50% flowering with 20 mm in both stages. To measure traits such as emergence time, flowering time (50% of plants in flowering stage) and biomass, plant height, number of pods per plant, percentage of fertile pods, and 100-seed weight at the end of the growth stage and harvest time, five plants were randomly selected from each plot, and the desired traits were examined and recorded. At the time of full maturity and drying of the plants, after removing half a square meter margin from each plot, biological and seed yield were measured, and for calculating biological yield, the dry weight of seeds was added to the dry weight of plant residues.

Results and Discussion
The results indicated a significant superiority in all traits for the first planting date (5 March) compared to the second planting date (13 April). Significant differences were observed among the different genotypes in terms of emergence percentage, days to maturity, plant height, days to flowering, biological yield, podding, and seed yield. Genotype MCC352 had the highest number of pods per plant (34 pods), and genotype MCC427 had the highest number of days to flowering. Genotype MCC537 was superior in plant height and biological yield, but genotype MCC696 was superior in days to maturity and seed yield, indicating that these two genotypes had better responses to environmental conditions. Based on cluster analysis of chickpea genotypes in the first planting date, eight genotypes were classified into four clusters. Cluster 1 included genotypes MCC352, MCC537, MCC552, MCC80, and Jam cultivar. Cluster 2 included

1 and 2- Ph.D. Student and Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran, respectively.
3- Assistant Professor, Research Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
* Corresponding Author: goldani@um.ac.ir

Samin cultivar. Cluster 3 included genotype MCC427, and cluster 4 included genotype 696MCC. Cluster 1 had the highest coefficients in terms of emergence percentage and days to maturity, and cluster 2 had the highest coefficients of days to maturity and days to flowering. Similarly, in the second planting date, eight chickpea genotypes were classified into three clusters. Cluster 1 included genotypes MCC696, MCC537, MCC552, MCC80, and Jam cultivar. Cluster 2 included genotypes MCC352 and MCC427. Cluster 3 included Samin cultivar. Cluster 1 had the highest coefficients in terms of emergence percentage and days to maturity, and cluster 2 had the highest coefficients of days to maturity and emergence percentage. Furthermore, the Principal Component Analysis of the studied genotype traits showed that in the first planting date (5 March), PC1 (43.4%) and PC2 (25.7%) accounted for a total of 69.1% of the variance, while in the second planting date, PC1 (36.8%) and PC2 (27%) accounted for a total of 63.3% of the variance. Overall, the studied genotypes had better performance and yield components in the first planting date.

Conclusions

In general, it can be concluded that delayed planting and exposure to drought stress during the critical growth stages of the plant at the end of the season resulted in a decrease in chickpea yield and its components. It was observed that planting chickpea on time to avoid late drought stress at flowering and podding stages would lead to a better yield and its components.

Keywords: Cultivation time, Drought stress, Growth stages, Principal Component Analysis

نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران
جلد ۱۵، شمارهٔ ۲، نیمهٔ دوم ۱٤۰۳، ص. ۱٥۸-۱٤۱
نوع مقاله: پژوهشی

Iranian Journal of Pulses Research
Vol. 15, No. 2, December 2024, pp. 141-158
Original Research

Homepage: https://ijpr.um.ac.ir

https://doi.org/10.22067/ijpr.2024.83890.1063

گروه‌بندی ژنوتیپ‌های کاندیدای متحمل به خشکی نخود کابلی (*Cicer arietinum* L.) براساس عملکرد و اجزای عملکرد در تاریخ‌های مختلف کاشت در شرایط کم آبیاری

مهرداد سعیدیان[۱]، مرتضی گلدانی[۲*]، مهدی پارسا[۲]، سعیدرضا وصال[۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۰۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۲۳

چکیده

به‌منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌های کاندیدای متحمل به خشکی نخود (*Cicer arietinum* L.) در تاریخ‌های مختلف کاشت، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی، در چهار تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۸- ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل تاریخ‌های کاشت (۱۴ اسفند و ۲۴ فروردین) به‌عنوان عامل اصلی و ژنوتیپ‌های نخود (MCC696، MCC552، MCC537، MCC427، MCC352 و MCC80) و دو رقم جم و ثمین به‌عنوان عامل فرعی بودند. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌ها در تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت دوم در تمامی صفات دارای برتری بودند. بیشترین تعداد روز تا رسیدگی (۱۰۳ روز) و بالاترین عملکرد دانه (۱/۰۶ کیلوگرم در مترمربع) در ژنوتیپ MCC۶۹۶ و همچنین بالاترین ارتفاع بوته(۳۴ سانتی‌متر) و عملکرد بیولوژیک (۲/۶۴ کیلوگرم در مترمربع) در ژنوتیپ MCC۵۳۷ به‌دست آمد. ژنوتیپ MCC۳۵۲ دارای بیشترین میزان تعداد غلاف در بوته (۳۴ غلاف) بود. ژنوتیپ‌ها براساس شباهت، در تاریخ کاشت اول به چهار خوشه و در تاریخ کاشت دوم به سه خوشه تقسیم شدند. نتایج تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی (PCA) نشان داد که در تاریخ کاشت اول PC1 و PC2 (۶۹/۱ ٪) و در تاریخ کاشت دوم (۶۳/۳ ٪) کل واریانس داده‌ها را به خود اختصاص دادند. به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد که بهترین تاریخ کاشت برای کشت نخود بهاره در شرایط کم آبیاری مشهد، نیمه اسفندماه و بهترین ژنوتیپ‌ها جهت کشت، MCC۵۳۷ و MCC۶۹۶ بودند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های اصلی، تنش خشکی، زمان کشت، مراحل رشد

مقدمه

نخود با نام علمی (*Cicer arietinum* L.)، سومین محصول زراعی مهم خانواده حبوبات و یکی از محصولات غذایی اصلی است که بعد از لوبیا و نخود فرنگی بیشترین سطح زیر کشت را در بین حبوبات دارد (Fernández et al., 2013). حبوبات در اکثر کشورهای در حال توسعه ازجمله مهم‌ترین منابع پروتئینی محسوب می‌شوند و در بین حبوبات، نخود با داشتن میزان پروتئین خام بین ۱۷تا ۲۳ درصد که دو تا سه برابر پروتئین موجود درغلات می‌باشد، می‌تواند بخشی از پروتئین مورد نیاز کشور را تأمین کند (Zaferanieh et al., 2009). نخود در شرایط گسترده و متنوع محیطی و در حدود ۵۹ کشور مختلف اعم از خشک و نیمه خشک و معتدل از نظر دمایی کشت می‌شود (Muehlbauer & Tulle, 1997). سطح زیرکشت جهانی نخود ۱۳/۹۸ میلیون هکتار و تولید کل آن ۱۳/۷۳ میلیون تن می‌باشد. تقریباً ۹۰ درصد ازکشت گیاه نخود در سطح جهان به‌صورت دیم انجام می‌شود و تولید آن طی ۳۰ سال گذشته از۶/۶ میلیون تن به ۱۰ میلیون تن افزایش یافته است (FAO, 2021). در ایران، نخود در بین حبوبات با مساحت معادل ۶۲/۸ درصد جایگاه نخست را به خود اختصاص داده است. باتوجه به اینکه عمدتاً کشت نخود در ایران به‌صورت دیم انجام می‌پذیرد، لذا وقوع تنش خشکی در مراحل مختلف رشدی این گیاه یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد آن است (Rozan et al, 2001).

باتوجه نوسانات اقلیمی رخ داده در سال‌های اخیر، لزوم یافتن ژنوتیپ‌های منعطف در برابر تغییرات اقلیمی و تنش‌های مختلف به‌خصوص تنش خشکی جهت ثبات هر چه بیشتر عملکرد نخود اهمیت بسیار زیادی دارد (Tiwari et al., 2023).

۱ و ۲- دانشجوی دکتری و دانشیار، گروه اگروتکنولوژی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳- استادیار، پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
(*- نویسنده مسئول: goldani@um.ac.ir)

تاریخ کاشت‌های مختلف به‌دلیل تفاوت در میزان تشعشع خورشیدی، طول روز و دماهای مختلف، بر روی مراحل رویشی و زایشی گیاه اثرگذار است. تاریخ کاشت نامناسب به‌دلیل مواجهه با دمای نامطلوب، بر روی مراحل رویشی و زایشی گیاه اثر می‌گذارد (Amraei, 2022). کاهش طول دوره رشد گیاه یا مواجهه مراحل حساس رشدی آن با شرایط نامطلوب دمایی، می‌تواند باعث کاهش رشد شود، امّا این می‌تواند یک راهکار مناسب برای تحمل به خشکی در گیاه نخود باشد. از جمله عوامل مهم در انتخاب تاریخ کاشت می‌توان به شرایط آب و هوایی بارش باران، دما، تشعشع و طول روز اشاره کرد (Skendžić et al., 2021). یکی از مهم‌ترین تأثیرات انتخاب تاریخ کاشت مناسب، بر روی عملکرد اقتصادی گیاه است. در مناطق معتدل آب وهوایی، انتخاب تاریخ کاشت مناسب به‌دلیل حداکثر بهره‌وری از منابع در طول فصل رشد کوتاه، بسیار حیاتی است (Sajid & Hu, 2022). در فصل بهار، به‌دلیل فرصت کم گیاه برای استفاده حداکثری از منابع، گیاه باید در اولین فرصت ممکن کشت شود. کاشت زود هنگام گیاه در بستر سرد، ممکن است باعث استقرار ضعیف گیاهان و افزایش صدمات حاصل از تنش سرمایی شود. تأخیر در کاشت، احتمال کوتاه شدن فصل رشد و افزایش خشکی بستر بذر را افزایش می‌دهد. این موضوع، برای گیاه نخود که معمولاً شرایط خشک یا کم‌آبی و کاهش رطوبت خاک را در اواخر فصل رشد تجربه می‌کند، موضوع بسیار مهمی است (Skendžić et al., 2021). زالی و همکاران (Zali et al., 2015) در مطالعه‌ای بیان کردند که کاشت نخود در اواخر زمستان نسبت به کشت بهاره آن برتری دارد وهر چقدر دفعات آبیاری بیشتر شود، عملکرد دانه نخود نسبت به شرایط دیم بیشتر خواهد شد. در تحقیقی که طی دو سال زراعی بر روی نخود در همدان صورت گرفت، گزارش شد که با تأخیر در کاشت، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه کاهش یافت و بیشترین تعداد غلاف بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد دانه، در تاریخ کاشت اول (۲۰ دی) حاصل شد (Seyedi et al., 2020). در بررسی اثر تاریخ کاشت‌های مختلف نخود بر عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک سه رقم نخود زراعی نشان داده شد، تأخیر در تاریخ کشت موجب کاهش معنی‌دار ارتفاع گیاه، تعداد شاخه اصلی و فرعی، تعدادغلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن ۱۰۰ دانه و کاهش مرحله رشد رویشی گیاه می‌شود. کوتاه شدن طول دوره رشد رویشی، با کاهش فرآورده‌های فتوسنتزی در گیاه همراه بود و مواد فتوسنتزی کمتری به اندام‌های زایشی انتقال یافت و در نتیجه، عملکرد گیاه کاهش یافت (Iravani Panah et al., 2022).

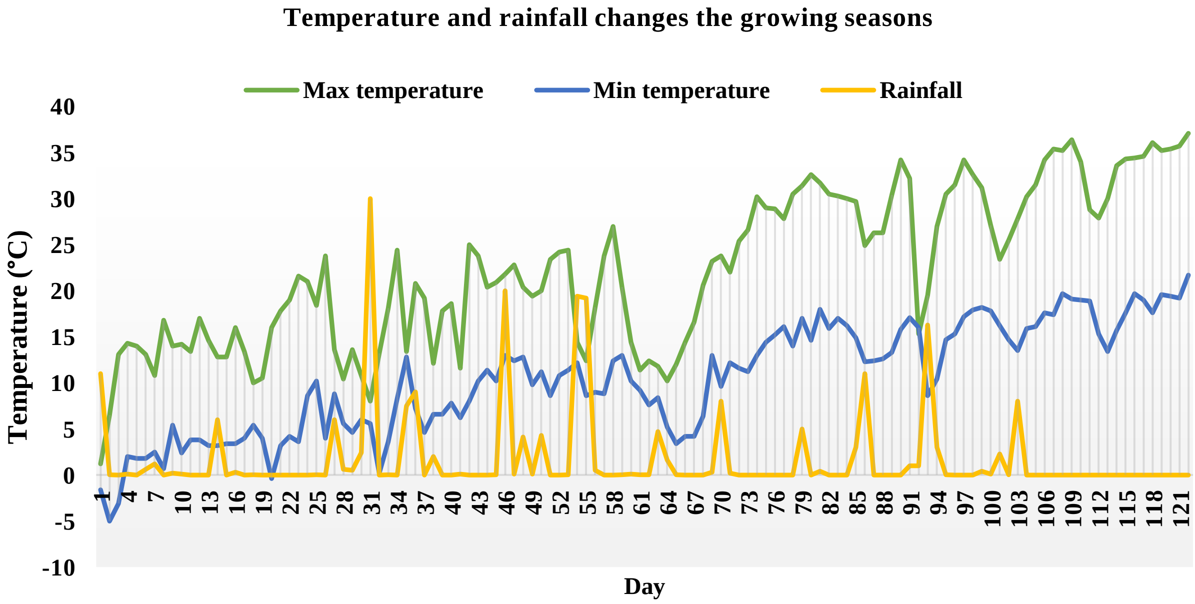
از سوی دیگر، کمبود رطوبت بر روی جوانه‌زنی بذر و استقرارگیاهچه در مزرعه، توانایی فتوسنتز گیاه و رفتارهای اسمزی سلول مؤثر است. با این حال، گونه‌ها و ژنوتیپ‌ها در میزان تحمل به خشکی بسیار متفاوت هستند. بهبود و اصلاح ژنوتیپ‌ها، جایگزینی برای ثبات عملکرد در شرایط تنش خشکی به‌شمار می‌رود (Islam et al., 2021). بنابراین، اصلاح و بهبود ژنوتیپ‌های نخود با کارایی مصرف آب بالاتر و عملکرد بهتر، در مناطق مستعد تنش خشکی می‌تواند از نظر وضعیت اقتصادی کشاورزان این مناطق با اهمیت باشد. متخصصان اصلاح ژنتیک نخود در حال حاضر، شناسایی ارقام زودرس با عملکرد بالا که زودرسی در آن‌ها یک سازوکار تحمل به خشکی به‌شمار می‌رود را اولویت خود قرار داده‌اند (Tiwari et al., 2023).

هدف این تحقیق،گروه‌بندی ژنوتیپ‌های کاندیدای متحمل به خشکی نخود از نظر عملکرد و اجزای عملکرد در دو تاریخ کاشت متمایز به‌صورت کم آبیاری در شرایط آب و هوایی مشهد بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۸ -۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه ۲۸ دقیقهٔ شرقی و با ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا اجرا شد. آزمایش به‌صورت کرت-های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل دو تاریخ کاشت ۱۴ اسفند ۱۳۹۷ و ۲۴ فروردین ۱۳۹۸ به‌عنوان کرت اصلی و شش ژنوتیپ به‌عنوان کاندیدای مقاوم به خشکی (MCC696، MCC552، MCC537، MCC427، MCC352 و MCC80) و دو رقم رایج (جم و ثمین) به‌عنوان کرت فرعی بود. اطلاعات هواشناسی در شکل ۱ قید شده است.

قبل از اجرای آزمایش، به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی، از خاک مزرعه نمونه‌برداری شد و ویژگی-های آن در جدول ۱ آورده شده است.



شکل ۱- آمار هواشناسی (ماهانه) ایستگاه سینوپتیک مشهد طی دوره آزمایش در سال‌های ۹۸- ۱۳۹۷
Fig. 1- Meteorological statistics (monthly) of Mashhad synoptic station during the test period in 2017-2018

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی (۳۰-۰) سانتی‌متری
Table 1- The results of chemical analysis of experimental field soil (0-30 Cm)

بافت Texture	شوری (دسی زیمنس بر متر) Salinity ($dS.m^{-1}$)	اسیدیته Acidity	کربن آلی (درصد) Organic carbon (percent)	نیتروژن (درصد) Nitrogen (percent)	فسفر (میلی‌گرم در کیلوگرم) Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم (میلی‌گرم در کیلوگرم) Potassium ($mg.kg^{-1}$)
سیلتی لومی Silty loam	1.2	7.95	0.51	0.08	29.6	119

در این آزمایش، هر کرت آزمایشی شامل چهار خط به‌طول شش متر و با فواصل خطوط ۴۵ سانتی‌متر بوده و تراکم کشت بر مبنای ۴۰ بوته در مترمربع بود. برای آماده‌سازی بستر کاشت، پس از شخم زدن زمین با دیسک و ماله تسطیح شد. روش کاشت بذور نیز به‌صورت دستی انجام گرفت. یک مرحله وجین در تاریخ ۲۰ اردیبهشت ۱۳۹۸ انجام گرفت. همچنین، دو مرحله آبیاری که آبیاری اول با هدف سبز شدن و آبیاری دوم در زمان ۵۰ درصد گل‌دهی به‌میزان ۲۰ میلی‌متر انجام شد.

برای اندازه‌گیری صفات مورد بررسی در این آزمایش شامل زمان سبز شدن، زمان ۵۰ درصد گل‌دهی، زیست‌توده، ارتفاع بوته، تعداد غلاف در بوته، درصد غلاف بارور و وزن ۱۰۰ دانه، از هر کرت تعداد پنج بوته به‌صورت تصادفی در مرحله انتهای رشد و در زمان رسیدگی کامل انتخاب و برداشت شد و صفات مورد نظر در این نمونه‌ها بررسی و ثبت شد.

پس از رسیدگی کامل و خشک شدن بوته‌ها و نیز حذف حاشیه به اندازه نیم مترمربع از هر کرت، نمونه‌برداری برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیکی و عملکرد دانه انجام شد. برای محاسبه عملکرد بیولوژیک، وزن خشک دانه‌ها با وزن خشک بقایای گیاه جمع شد. جهت محاسبه شاخص برداشت، از معادله زیر استفاده شد که در آن GY: عملکرد دانه و BY: عملکرد بیولوژیک گیاه است:

معادله (۱) $HI = (GY/BY) \times 100$

برای محاسبات آماری در این مطالعه از نرم‌افزار SAS 9.2 و برای ترسیم از Excel (Ver. 2013) استفاده شد. برای آزمون نرمال بودن داده‌ها و یکنواختی واریانس‌ها از نرم‌افزار Minitab16 و برای تجزیه خوشه‌ای تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم نمودارها از نرم‌افزار SPSS19 استفاده گردید. برای صحت گروه‌بندی انجام شده، از تجزیه واریانس چند متغیره، تجزیه تابع تشخیص استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون دانکن انجام شد و سطح احتمال به‌کار رفته در کلیه تجزیه و تحلیل‌ها ۹۵ درصد در نظر گرفته شد.

نتایج و بحث

درصد سبز شدن

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که اثر اصلی ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ × تاریخ کاشت بر درصد سبز شدن از نظر آماری بسیار معنی‌دار($p \leq 0.01$) بود (جدول ۲). در تاریخ کاشت دوم، در همه ژنوتیپ‌ها به‌جز ژنوتیپ MCC ۵۳۷، درصد سبز شدن کاهش یافت. در تاریخ کاشت اول، رقم ثمین (۹۵ درصد) بیشترین و ژنوتیپ MCC۴۲۷ (۷۰ درصد) کمترین درصد سبز شدن را داشتند. در تاریخ کاشت دوم، ژنوتیپ MCC۵۳۷ (۹۰ درصد) بیشترین و رقم ثمین (۳۰ درصد) کمترین میزان این صفت را دارا بودند. بیشترین میزان درصد سبز شدن در بین ژنوتیپ‌های هر دو تاریخ کاشت، مربوط به رقم ثمین (۹۵ درصد) در تاریخ کاشت اول و کمترین میزان درصد سبز شدن نیز مربوط به رقم مذکور (۳۰ درصد) در تاریخ کاشت دوم بود و تفاوت بیشترین و کمترین میزان این صفت برای تیمارهای مختلف بیش از دو برابر بود (شکل ۲). می‌توان بیان کرد که علت درصد بالای سبز شدن ژنوتیپ‌های مختلف نخود در تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت دوم، میزان بارندگی‌های مؤثر رخ داده پس از تاریخ کشت اول تا زمان کاشت دوم بود. همچنین، براساس داده‌های هواشناسی، در تاریخ کاشت دوم و قبل از سبز شدن بارندگی زیادی رخ داد که باعث ایجاد غرقاب در زمین زراعی شد که به نظر می‌رسد که در روند سبز شدن گیاهان تأثیرگذار بوده است. در بررسی داده‌های هواشناسی مشخص شد که در تاریخ کاشت اول در روزهای ابتدایی دمای بالاتری (۱۶-۳ درجه سانتی‌گراد) نسبت به تاریخ کاشت دوم (۰-۱۲ درجه سانتی‌گراد) مشاهده شد و این در فعالیت آنزیم‌های مؤثر بر جوانه‌زنی نقش مهمی داشته است. در آزمایشی، نشان داده شد که دماهای پایین (°C ۱۵>) در زمان سبز شدن موجب استقرار ضعیف گیاهچه نخود و در نتیجه، کاهش عملکرد می‌شود (Devasirvatham et al., 2015).

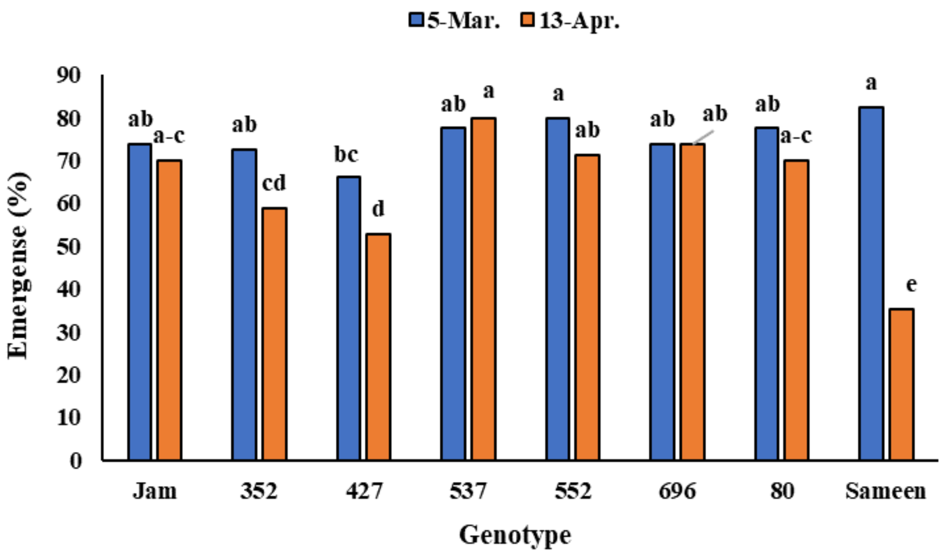
جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف نخود تحت تأثیر تاریخ کاشت و ژنوتیپ

Table 2- Analysis of variance of different traits of chickpea affected by planting date and genotype

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات Mean of squares درصد سبز شدن Emergence%	تعداد روز تا رسیدگی Days to maturity	ارتفاع Plant height	عملکرد بیولوژیک Biological yield	تعداد روز تا گل‌دهی Days to anthesis	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت HI
بلوک Block	3	566ns	2.06 ns	220*	0.329 ns	11/4 ns	47.3 ns	0.014 ns	52.9*
تاریخ کاشت Planting date (A)	1	2128ns	11745**	167*	30.2**	3481**	1089*	4.76**	0.476 ns
خطا Error (a)	3	323	0.890	16.1	0.774	10.3	43.4	0.121	6.02
ژنوتیپ Genotype (B)	7	446**	206**	63.7**	0.575**	161**	116**	0.085**	18.9 ns
A × B	7	483**	8.60**	11.9*	0.284**	62.8**	18.6**	0.047**	1.18 ns
خطای کل Total error	42	60.5	1.51	5.23	0.070	1.91	5.71	0.008	16.8
ضریب تغییرات C.V		11.2	1.51	9.92	17.9	2.54	11.5	15.7	10.1

ns, *, **: به‌ترتیب عدم معنی‌داری، معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد

ns, *, **: as non-significance, significant at the 5% probability level, and significant at the 1% probability level, respectively



شکل ۲- برهم‌کنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر درصد سبز شدن گیاهچه نخود

Fig. 2- The interaction of planting date and genotype on the percentage of chickpea seedling emergence

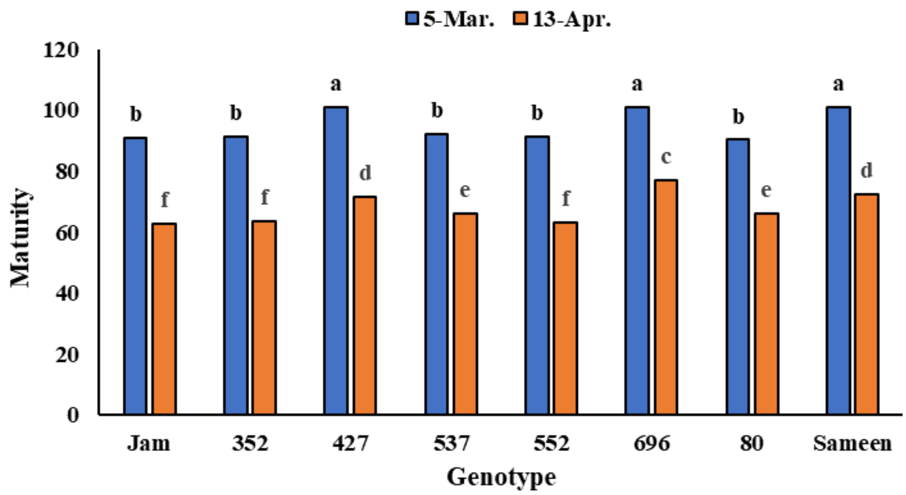
تعداد روز تا رسیدگی

بررسی نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی تاریخ کاشت، ژنوتیپ‌های نخود و برهم‌کنش ژنوتیپ × تاریخ کاشت تأثیر بسیار معنی‌داری($p \leq 0.01$) بر تعداد روز تا رسیدگی داشتند (جدول ۲). در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول در تمامی ژنوتیپ‌ها اثرکاهشی مشاهده شد. بررسی‌ها نشان داد که کمترین میزان این صفت در این دو تاریخ به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های MCC۸۰ و MCC۵۵۲ بود و بیشترین تعداد روز از کاشت تا رسیدگی در هر دو تاریخ کاشت مربوط به ژنوتیپ MCC۶۹۶ (۱۰۳ و ۶۱ روز) بود. تفاوت بیشترین و کمترین میزان این صفت برای تیمارهای مختلف ۴۲ روز بود (شکل ۳). می‌توان نتیجه گرفت که میزان دمای بالا و تنش خشکی رخ داده در انتهای دوره رشد گیاه، علت کوتاه شدن طول دوره رسیدگی نخود در تاریخ کاشت دوم (۲۴ فروردین) باشد. همان‌طور که در شکل ۱ مشخص است، گیاه نخود در تاریخ کاشت دوم دماهای بالایی را به‌خصوص در انتهای فصل رشد تجربه کرده است که باعث تسریع در رسیدگی شده است که این می‌تواند یک مکانیسم برای فرار از تنش‌های انتهایی فصل رشد باشد. یانو و همکاران (Yano et al., 2007) در مطالعه‌ای بیان کردند که بالا رفتن درجه حرارت باعث افزایش سرعت رشد فیزیولوژیکی گیاه می‌شود و این باعث زودرس شدن گیاهان و کاهش دوره رشد می‌شود. حاجرپور و همکاران (Hajarpoor et al., 2015) در پژوهشی به این نتیجه رسیدند که کاهش طول دوره رشد و فرار از تنش خشکی آخر فصل از جمله راهکارهای سازگاری می‌باشند. در مطالعه‌ای دیگر نشان داده شد که افزایش دما و تنش خشکی باعث کاهش طول دوره رشد رویشی و به دنبال آن کاهش دوره رشد و نموی گیاه می‌گردد (Benali et al., 2023).

ارتفاع بوته

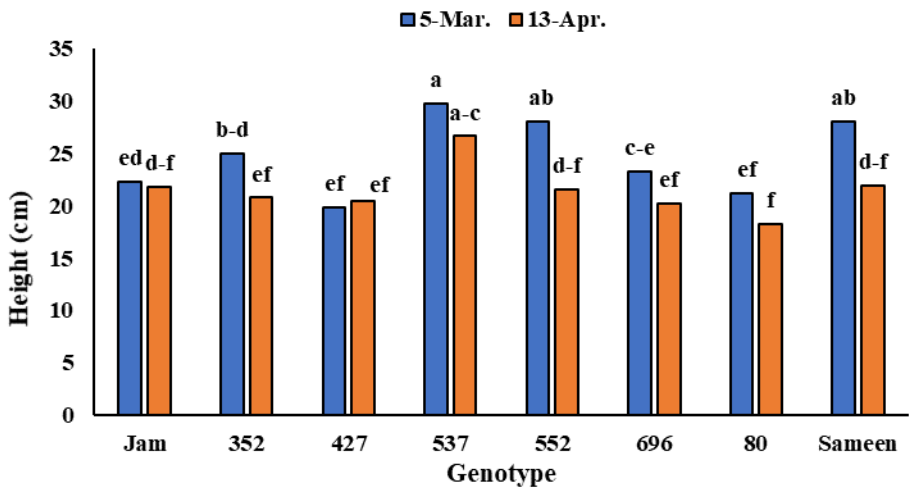
اثر اصلی ژنوتیپ‌های نخود ($p \leq 0.01$) و تاریخ کاشت و برهم‌کنش ژنوتیپ × تاریخ کاشت ($p \leq 0.05$) تأثیر معنی‌داری بر روی ارتفاع بوته داشتند (جدول ۲). در تاریخ کاشت دوم (۲۴ فروردین) نسبت به تاریخ کاشت اول (۱۴ اسفند) در تمامی ژنوتیپ‌ها به‌جز MCC۴۲۷، اثر کاهشی مشاهده شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان این صفت به‌ترتیب در تاریخ کاشت‌های ۱۴ اسفند و ۲۴ فروردین در ژنوتیپ MCC۵۳۷ (۳۰ سانتی‌متر و ۲۷ سانتی‌متر) بود (شکل ۴). کمترین ارتفاع بوته نخود، در هر دو تاریخ کاشت، مربوط به ژنوتیپ MCC۸۰ بود که تفاوت بیشترین و کمترین میزان این صفت برای تیمارهای مختلف ۵۰ درصد بود (شکل ۴). می‌توان نتیجه گرفت که با توجه به این که بخش قابل ملاحظه‌ای از رشدگیاه نخود در کشت نیمه دوم فروردین ماه در زمان بروز خشکی انتهای فصل رخ داده و میزان ارتفاع بوته نیز کاهش یافته است. به نظر می‌رسد که مهم‌ترین دلیل آن کاهش طول دوره رشد گیاه در این تاریخ کاشت باشد. هو و همکاران (Hu et al., 2023) در بررسی خود نشان دادند که درجه حرارت بالا به همراه تنش خشکی، مهم‌ترین عامل کاهش دوره رشد گیاه

است. به نظر می‌رسد که افزایش سرعت نمو و کاهش دوره رشد به‌دلیل برخورد با دماهای بالا باعث کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (Ahluwalia et al., 2021). گزارش شده است که استفاده از بارندگی‌های زمستانه و داشتن فرصت بیشتر برای رشد رویشی سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته نخود در تاریخ کاشت اول می‌گردد (Seyedi et al., 2018).



شکل ۳- برهم‌کنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر تعداد روز تا رسیدگی نخود

Fig. 3- Interaction of planting date and genotype on the number of days to maturity in chickpea



شکل ۴- برهم‌کنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر ارتفاع بوته نخود

Fig. 4- Interaction of planting date and genotype on chickpea plant height

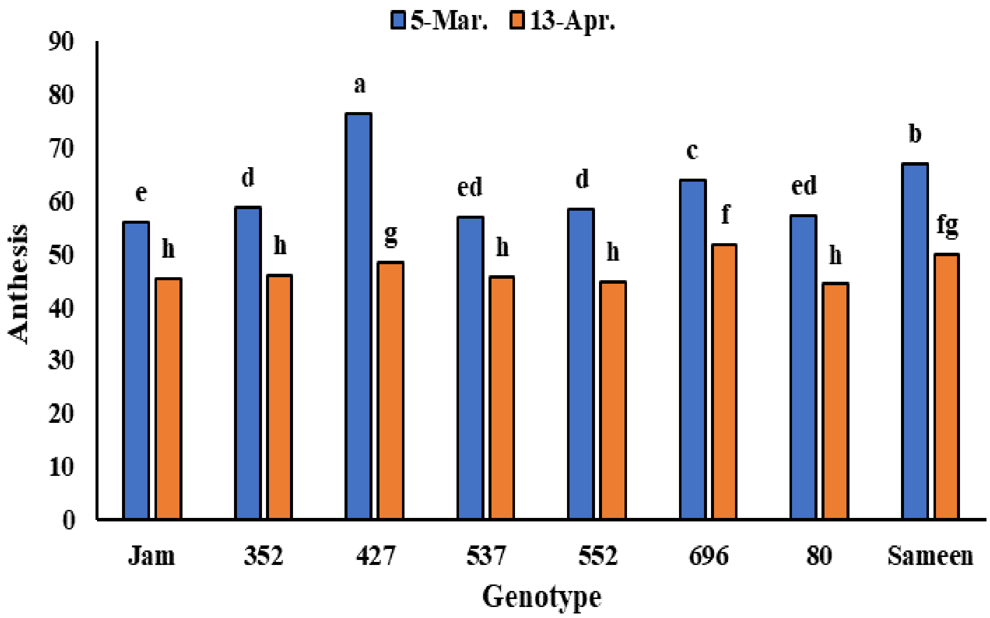
تعداد روز تا گل‌دهی

اثر اصلی تاریخ کاشت، ژنوتیپ‌های نخود و برهم‌کنش ژنوتیپ × تاریخ کاشت تأثیر بسیار معنی‌داری($p \leq 0.01$) بر تعداد روز تا گل‌دهی داشتند (جدول ۲). با تأخیر در تاریخ کاشت (۲۴ فروردین) از تعداد روز تا گل‌دهی نخود کاسته شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که ژنوتیپ MCC۴۲۷ و MCC ۶۹۶ به‌ترتیب در تاریخ کاشت اول و دوم، بالاترین میزان این صفت (تعداد روز تا گل‌دهی) را داشتند (شکل ۵) که تفاوت این بیشترین و کمترین برای تیمارهای مختلف ۳۶ روز بود. همچنین، ژنوتیپ‌های مختلف در تاریخ کاشت ۱۴ اسفند نسبت به تاریخ کاشت ۲۴ فروردین، تعداد روز بیشتری را تا رسیدن به مرحله گل‌دهی داشتند (شکل ۵). می‌توان گفت که به‌دلیل کاهش آب قابل دسترس به‌ویژه در اوایل دوره گل‌دهی ضمن کاهش سرعت رشد رویشی و کوتاه شدن دوره رشد زایشی، در تاریخ کاشت ۲۴ فروردین گیاه با کاهش تعداد روز تا گل‌دهی مواجه شد. همچنین، این (تسریع طول دوره رشد) می‌تواند یک

مکانیسم دفاعی در برابر تنش باشد. فرار از خشکی به‌معنای تکمیل دوره رشدی گیاه قبل از شروع خشکی انتهایی فصل می‌باشد که اغلب به‌عنوان راهبرد اولیه گیاه در سازگاری به مناطق دارای تنش خشکی، مورد توجه قرار می‌گیرد (Anbessa et al., 2006). بررسی‌ها نشان داده است که زمان مناسب گل‌دهی، یک عامل اساسی و مهم در سازگاری گیاه به تنش‌های محیطی می‌باشد (Chirivi et al., 2023). پژوهشگران در آزمایشی دیگر نشان دادند که با تسریع دوره رسیدگی و کاهش طول دوره رشد در کاشت تأخیری، تعداد روز تا گل‌دهی نیز کاهش چشمگیری داشت (Oguz et al., 2022).

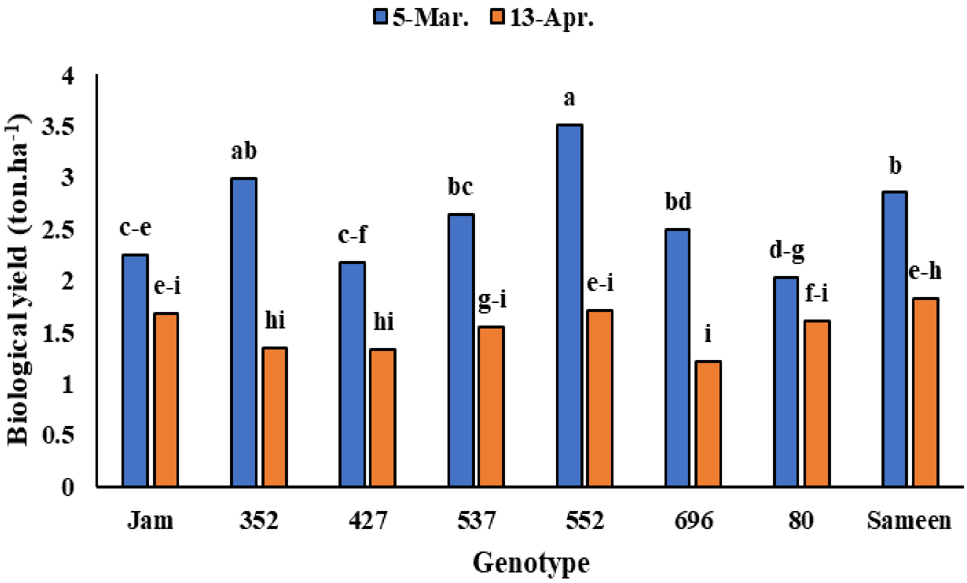
عملکرد بیولوژیک

نتایج نشان داد که اثر اصلی ژنوتیپ و برهم‌کنش ژنوتیپ × تاریخ کاشت از نظر آماری بر عملکرد بیولوژیک بسیار معنی‌دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۲). ژنوتیپ MCC۵۳۷ و رقم ثمین در تاریخ کاشت اول و MCC۸۰ وMCC۴۲۷ در تاریخ کاشت دوم به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک را در این آزمایش داشتند (شکل۶). همچنین، عملکرد بیولوژیک در تمامی ژنوتیپ‌ها در تاریخ کاشت ۲۴ فروردین نسبت به تاریخ کاشت ۱۴ اسفندکاهش یافت. همان‌طور که از نتایج ارائه شده در شکل ۶ مشخص است، ژنوتیپ MCC۵۳۷ از نظر عملکرد بیولوژیک در هر دو تاریخ کاشت بهترین بود و تفاوت بیشترین وکمترین عملکرد بیولوژیک در بین ژنوتیپ‌ها بیش از سه برابر بود. می‌توان گفت که تأخیر درکاشت و برخورد گیاه با تنش‌خشکی و دماهای بالا، باعث کاهش سطح برگ و به دنبال آن کاهش فتوسنتز، کاهش آب قابل دسترس گیاه و در نتیجه، کاهش رشد شده است. همچنین، با کاهش طول دوره رشد، کاهش عملکرد بیولوژیک نیز اتفاق افتاد. بعضی از ژنوتیپ‌ها نیز در این تاریخ کاشت، عملکرد بهتری را نسبت به بقیه از خود نشان دادند که این می‌تواند در نتیجه مکانیسم‌های متفاوت آن‌ها برای مقابله با تنش خشکی باشد. می‌توان اشاره کرد که میزان سرعت فتوسنتز و تجمع مواد فتوسنتزی یک عامل بسیار مهم در افزایش یا کاهش عملکرد بیولوژیکی گیاه به‌شمار می‌رود (Sherin et al., 2022). بررسی نشان می‌دهد که هرگونه تغییری در تجمع مواد فتوسنتزی و کاهش دوره رشد رویشی گیاه، در نهایت باعث کاهش وزن خشک گیاه می‌شود (Edziri et al., 2021). در طی تنش خشکی جذب CO_2 توسط برگ‌ها عمدتاً با بسته شدن روزنه، آسیب غشاء و اختلال فعالیت‌های آنزیمی مختلف کاهش می‌یابد که این فتوسنتز را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Yue et al., 2020).



شکل ۵- برهم‌کنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر تعداد روز تا گل‌دهی نخود

Fig. 5- Interaction of planting date and genotype on days to flowering in chickpea



شکل ۶- برهم‌کنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر عملکرد بیولوژیک نخود

Fig. 6- Interaction of planting date and genotype on chickpea biological yield

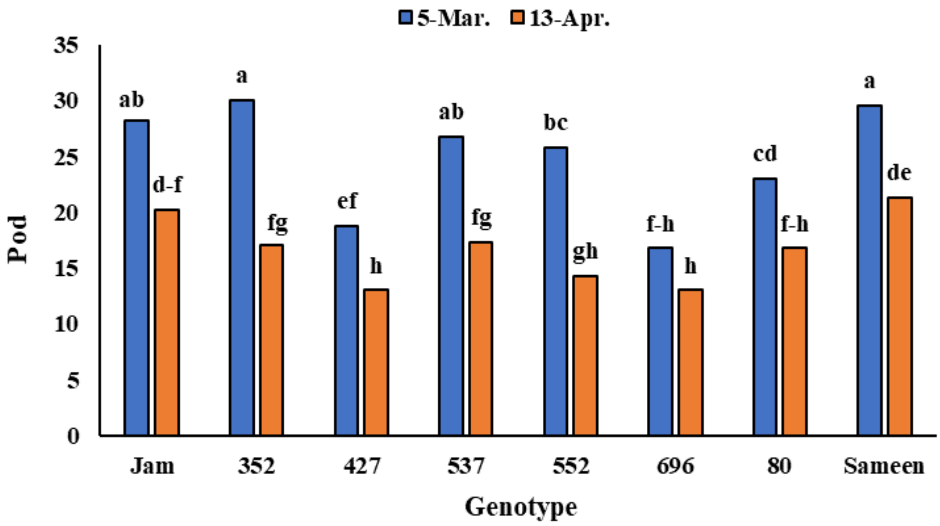
تعداد غلاف در بوته

نتایج جدول ۲ نشان داد که اثر اصلی تاریخ کاشت ($p \leq 0.05$) و ژنوتیپ‌های نخود و برهم‌کنش ژنوتیپ × تاریخ کاشت ($p \leq 0.01$) تأثیر معنی‌داری بر تعداد غلاف در بوته داشتند. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌های مختلف نخود نشان داد که در اولین تاریخ کاشت، ژنوتیپ MCC ۳۵۲ (۳۴ غلاف) بیشترین و ژنوتیپ MCC۶۹۶ (۱۴ غلاف در بوته) کمترین و در تاریخ کاشت دوم، رقم جم (۲۵ غلاف در بوته) بیشترین و ژنوتیپ MCC۴۲۷ کمترین تعداد غلاف را داشتند (شکل ۷). تفاوت بیشترین و کمترین میزان این صفت در هر دو تاریخ کاشت، بیش از دو برابر بود. می‌توان بیان کرد که در تاریخ کاشت دوم، با وقوع تنش در مرحله گل‌دهی، ریزش گل و کاهش تعداد غلاف اتفاق افتاده است. وقوع تنش در مرحله شروع غلاف‌بندی نیز ممکن است تأثیر بسیار زیادی در کاهش باروری و لقاح و در نهایت، کاهش شدید در تعداد دانه در غلاف داشته باشد. همچنین به نظر می‌رسد، تفاوتی که در ژنوتیپ‌ها از نظر صفت غلاف‌دهی مشاهده می‌شود، به‌دلیل‌توانایی آن‌ها در حفظ رطوبت و تنظیم فشار اسمزی در شرایط وقوع تنش باشد. در پژوهشی نشان داده شد که بیشترین عملکرد نخود تحت شرایط فاریاب حاصل می‌شود و در این ارتباط، اجتناب از تنش خشکی بعد از مرحله گل‌دهی به‌ویژه در مرحله غلاف‌دهی و دانه بستن ضروری است (Devasirvatham et al., 2018). لی و همکاران (Liu et al., 2008) بیان کردند، تنش خشکی شدید در اوایل نمو غلاف‌ها باعث کاهش رشد آن‌ها می‌شود. ریزش غلاف‌ها، عامل اصلی کاهش عملکرد است و زمانی آغاز می‌شود که پیری برگ‌ها بر اثر کمبود آب اتفاق می‌افتد (Pang et al., 2018).

عملکرد دانه

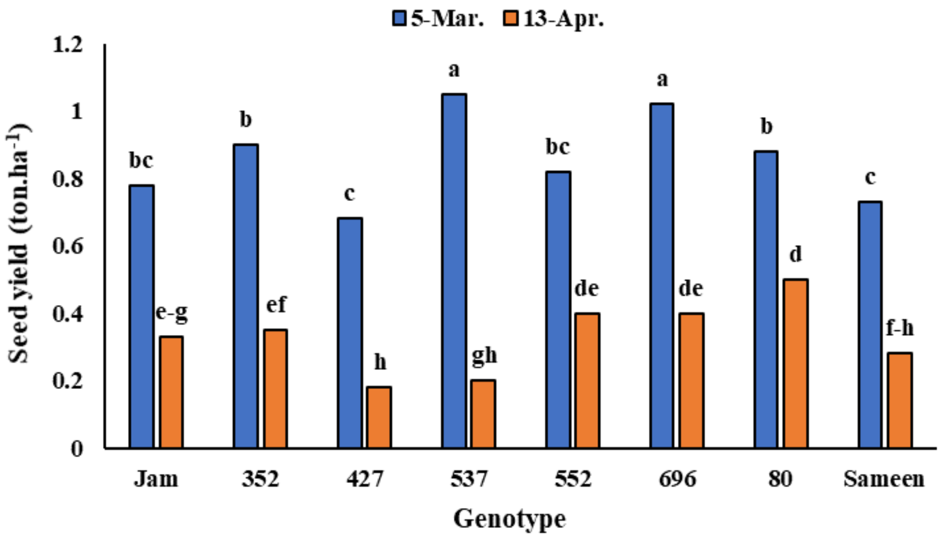
اثر اصلی تاریخ کاشت، ژنوتیپ‌های نخود و برهم‌کنش ژنوتیپ × تاریخ کاشت تأثیر بسیار معنی‌داری($p \leq 0.01$) بر عملکرد دانه داشت (جدول ۲). این نتایج نشان داد که تمامی ژنوتیپ‌ها در تاریخ کاشت ۲۴ فروردین نسبت به تاریخ کاشت اول از نظر صفت عملکرد دانه کاهش داشتند. در تاریخ کاشت اول (۱۴ اسفند)، ژنوتیپ MCC۶۹۶ (۱/۰۶ تن در هکتار) بهترین و رقم ثمین (۰/۷۰۳ تن در هکتار) کمترین و در تاریخ کاشت دوم (۲۴ فروردین)، ژنوتیپ MCC۸۰ (۰/۵۱۷ تن در هکتار) بیشترین و ژنوتیپ MCC۴۲۷ (۰/۱۶۹ تن در هکتار) کمترین میزان این صفت را داشتند. در هر دو تاریخ کاشت، ژنوتیپ MCC۶۹۶ بهترین عملکرد را داشت. همچنین، تفاوت بیشترین و کمترین این صفت، بیش از دو برابر بود (شکل ۸). به نظر می‌رسد که کاهش رطوبت در زمان گل‌دهی و غلاف‌دهی، موجب کاهش انتقال مواد فتوسنتزی و چروکیده شدن و کاهش وزن بذور می‌شود. می‌توان گفت که فراهمی رطوبت در این مراحل حساس رشدی باعث طولانی‌تر شدن دوره پر شدن دانه شده و در نتیجه، مواد فتوسنتزی بیشتری را در اختیار دانه قرار می‌دهد. با وقوع تنش خشکی، گیاه بیشتر انرژی خود را صرف گسترش ریشه جهت حفظ بقا و حفظ رطوبت لازم برای فرآیندهای حیاتی خود می‌کند. تنش خشکی، جذب آب، مواد

معدنی و ساخت مواد فتوسنتزی را دچار اختلال می‌کند و منجر به کاهش شدید وزن دانه و عملکرد می‌شود (Farooq et al., 2009). در پژوهشی نشان داده شد که تنش خشکی، تجمع مواد آلی برگ را به‌شدت کاهش می‌دهد و تشکیل و نمو دانه که به ذخایر مواد آلی تجمع یافته در برگ وابسته است، به‌شکل معناداری کمتر می‌شود (Trabelsi et al., 2019). ادزیری و همکاران (Edziri et al., 2021) در آزمایشی به این نتیجه رسیدند که هرگونه تغییری در مرحله گل‌دهی و ساخت مواد فتوسنتزی بر پر شدن دانه تأثیر می‌گذارد، زیرا تجمع مواد ذخیره‌ای در دانه‌ها از طریق فتوسنتز خود دانه و فتوسنتز جاری سایر قسمت‌های فعال فتوسنتزی و انتقال مواد غذایی از سایر قسمت‌های گیاه به دانه تأمین می‌شود.



شکل ۷- برهم‌کنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر تعداد غلاف در بوته نخود

Fig. 7- Interaction of planting date and genotype on Number of pod



شکل ۸- برهم‌کنش تاریخ کاشت و ژنوتیپ بر عملکرد دانه نخود

Fig. 8- Interaction of planting date and genotype on chickpea seed yield yield

نمودار خوشه‌ای

هدف از تجزیه و تحلیل خوشه‌ای، ساختن یک نمودار درختی است که در آن مکان‌هایی که با ویژگی‌های مورد مطالعه، شبیه‌ترین مکان‌ها هستند بر روی شاخه‌هایی که نزدیک به هم هستند، قرار گیرند. همان‌طور که در جدول ۳ و شکل ۹ نشان داده شده است، هشت ژنوتیپ نخود به چهار خوشه طبقه‌بندی شدند. خوشه اول شامل ژنوتیپ‌های MCC۳۵۲، MCC۵۳۷، MCC۵۵۲، MCC۸۰ و رقم جم، خوشه دوم شامل رقم ثمین، خوشه سوم شامل ژنوتیپ MCC۴۲۷ و خوشه چهارم شامل ژنوتیپ MCC۶۹۶ بود (شکل ۹). خوشه اول از نظر خصوصیات درصد سبز شدن و تعداد روز تا رسیدگی و در خوشه دوم از نظر خصوصیات تعداد روز تا رسیدگی و تعداد روز تا گل‌دهی دارای بیشترین ضرایب بود (جدول ۳). در تحلیل چندمتغیره برای مطالعه تنوع ژنوتیپ‌ها از مجموعه‌ای از روش‌ها مانند روش PCA و روش کلاستر استفاده می‌شود و با استفاده از این تکنیک‌ها می‌توان ژنوتیپ‌هایی که دارای صفات مفید و برتر هستند را شناسایی کرد (Aliu et al., 2016). در پژوهشی، ۷۱ ژنوتیپ نخود از نظر خصوصیات عملکرد و اجزای عملکرد و همچنین، خصوصیات مورفولوژیکی به با روش تجزیه و تحلیل خوشه‌ای به دو گروه اصلی و شش خوشه دسته‌بندی شدند. در آزمایش یاد شده، گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها نشان داد که احتمالاً ژنوتیپ‌های گروه ۱ و ۶ بیشترین عملکرد دانه را داشتند و ژنوتیپ‌های ۲ و۳ دارای ارتفاع بیشتری بودند (Qulmamatova, 2023). حسن فرد و نباتی (Hasanfard & Nabati, 2023) در آزمایشی مشابه بر روی گیاه نخود، ژنوتیپ‌های مختلف نخود را به چهار دسته تقسیم کردند و نتیجه گرفتند که ژنوتیپ‌های گروه سوم پاسخ مناسب‌تری به شرایط محیطی در کشت پاییزه داشتند.

طبق جدول ۴ و شکل ۱۰، هشت ژنوتیپ نخود به سه خوشه طبقه‌بندی شدند. خوشه اول شامل ژنوتیپ‌های MCC۶۹۶ MCC۵۳۷، MCC۵۵۲، MCC۸۰ و رقم جم، خوشه دوم شامل ژنوتیپ MCC۳۵۲ و ژنوتیپ MCC۴۲۷، خوشه سوم شامل رقم ثمین بود (شکل ۱۰). به نظر می‌رسد که خوشه اول از نظر خصوصیات درصد سبز شدن و تعداد روز تا رسیدگی و خوشه دوم از نظر خصوصیات تعداد روز تا رسیدگی و درصد سبز شدن دارای بیشترین ضرایب بود (جدول ۴).

منحنی PCA

با توجه به ارتباط بین کمیت و کیفیت، ویژگی‌های مورد مطالعه با استفاده از PCA مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. در مجموع، در تاریخ کاشت اول (۱۴ اسفند)، PC1 (۴۳/۴ درصد) و(۲۵/۷ درصد) PC2 ، ۶۹/۱ درصد کل واریانس داده‌ها را به خود اختصاص دادند (جدول ۵). به نظر می‌رسد که PC1 تحت تأثیر خصوصیات عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته، درصد سبزشدن، بیولوژیک و ارتفاع تأثیر مثبت داشت، درحالی‌که، PC2 تحت تأثیر منفی خصوصیات بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد روز تا رسیدگی وشاخص برداشت قرار گرفت. براساس یافته‌ها،PC1 را می‌توان عوامل عملکرد و خصوصیات رشدی و PC2 را خصوصیات فنولوژیکی نامید (شکل ۱۱). در روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، علاوه‌بر کاهش حجم داده‌ها، وجود یا عدم وجود تنوع در ژرم‌پلاسم مورد نظر نیز ارزیابی می‌شود (Malik et al., 2014). در تحقیقی بر روی ۱۵ ژنوتیپ نخود زراعی تیپ کابلی، چهار مؤلفه به‌دست آمد که در آن ۸۰ درصد از تغییرات کل داده‌ها توسط این مؤلفه‌ها بیان شد. در این تحقیق، مؤلفه اول با بیشترین واریانس، به‌عنوان مؤلفه اجزای عملکرد شناسایی شد که افزایش صفات مرتبط با این مؤلفه به‌عنوان نتیجه نهایی جهت بهبود عملکرد دانه پیشنهاد شد (Pezeshkpour et al., 2021).

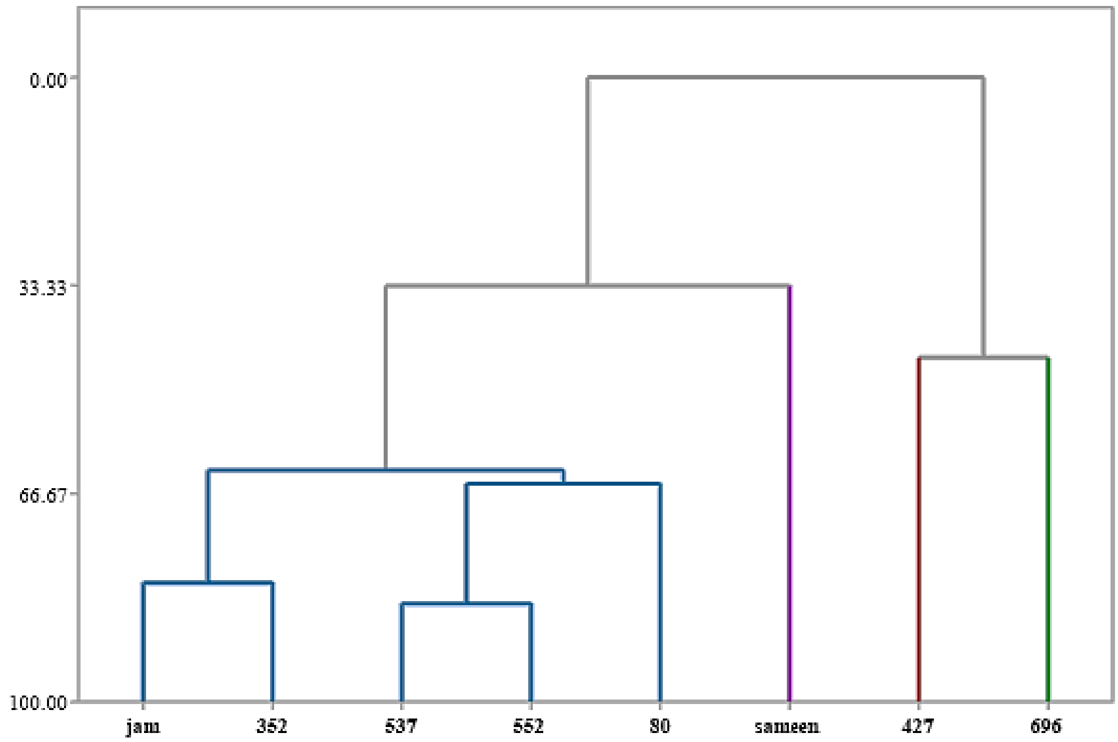
تجزیه و تحلیل ویژگی‌های مورد مطالعه در تاریخ کاشت دوم (۲۴ فروردین) با استفاده از PCA نشان داد که در مجموع،PC1 (۳۶/۸ درصد) و (۲۷ درصد) PC2، ۶۳/۳ درصد کل واریانس داده‌ها را به خود اختصاص دادند (جدول ۶). براساس نتایج، می‌توان گفت که PC1 تحت تأثیر منفی خصوصیات درصد سبز شدن، عملکرد دانه، بیولوژیک و همچنین، تحت تأثیر مثبت خصوصیات تعداد غلاف در بوته، ارتفاع، تعداد روز تا گل‌دهی و تعداد روز تا رسیدگی است. PC2 تحت تأثیر منفی خصوصیات عملکرد دانه، بیولوژیک، تعداد روز تا گل‌دهی وتعداد روز تا رسیدگی قرارداشت. همچنین، می‌توان PC1 را خصوصیات رشدی وPC2 را خصوصیات فنولوژیکی نامید (شکل ۱۲).

بنابراین، از نتایج تجزیه خوشه‌ایی می‌توان نتیجه گرفت که ژنوتیپ MCC۴۲۷ در تاریخ کاشت اول و ژنوتیپ MCC۴۲۷ و رقم ثمین در تاریخ کاشت دوم، بالاترین مقدار صفات عملکردی را داشتند. همچنین، براساس نتایج PCA می‌توان گفت که در تاریخ کاشت اول، ژنوتیپ‌های MCC۵۳۷ و MCC۳۵۲ و در تاریخ کاشت دوم، MCC۴۲۷ دارای برتری در میزان صفات اندازه‌گیری شده بودند و نتایج آنالیز خوشه‌ای و PCA با هم رابطه نزدیکی دارند و در این بین، بهترین ژنوتیپ‌ها برای هر دو تاریخ کاشت براساس نتایج آنالیزها و مقایسه میانگین‌ها، ژنوتیپ‌های MCC ۵۳۷ و MCC۶۹۶ می‌باشد.

جدول ۳- خوشه مرکزی صفات نخود در ژنوتیپ‌های مختلف در تاریخ کاشت ۱۴ اسفند

Table 3- The central cluster of chickpea traits in different genotypes on March 5 planting date

متغیر **Variable**	خوشه ۱ **Cluster1**	خوشه ۲ **Cluster2**	خوشه ۳ **Cluster3**	خوشه ۴ **Cluster4**	نقطه مرکزی بزرگ **Grand centroid**
درصد سبز شدن Emergence percentage	76.3	66.3	73.8	82.5	75.5
روز تا رسیدگی Days to maturity	91.2	101	101	101	94.9
ارتفاع گیاه Plant Height	25.2	19.9	23.3	28.0	24.7
عملکرد بیولوژیک Biological yield	2.26	1.70	2.58	1.79	2.17
تعداد روز تا گلدهی Anthesis	57.5	76.3	63.8	67.0	61.8
تعداد غلاف Number of pods	26.8	18.8	16.8	29.5	24.8
عملکرد Yield	0.897	0.713	1.06	0.704	0.871
شاخص برداشت HI	40.3	42.1	41.5	39.1	40.6



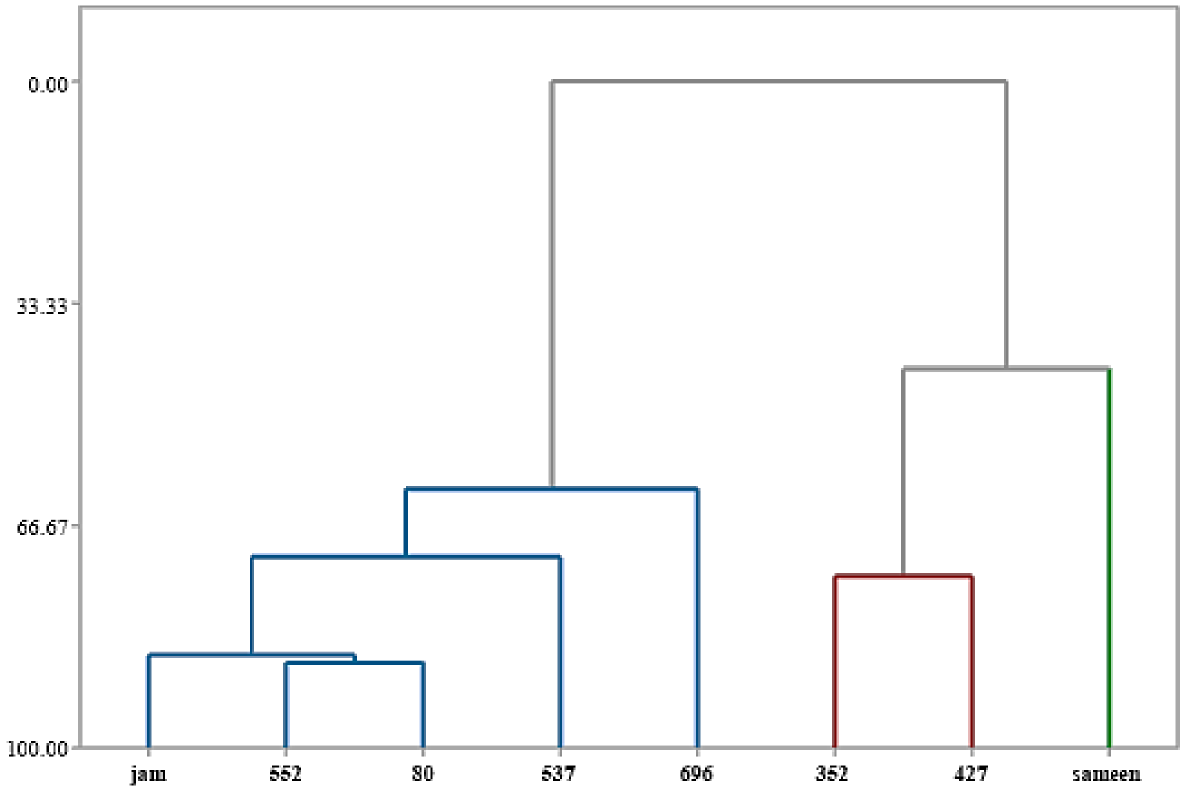
شکل ۹-گروه‌بندی خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود تحت تأثیر صفات مختلف در تاریخ کاشت ۱۴ اسفند

Fig. 9- Cluster grouping of chickpea genotypes under the influence of different traits on the planting date of March 5

جدول ۴- خوشه مرکزی صفات نخود در ژنوتیپ‌های مختلف در تاریخ کاشت ۲۴ فروردین

Table 4- The central cluster of chickpea traits in different genotypes on the planting date of April 13

متغیر **Variable**	خوشه ۱ **Cluster 1**	خوشه ۲ **Cluster 2**	خوشه ۳ **Cluster 3**	نقطه مرکزی بزرگ **Grand centroid**
درصد سبز شدن Emergence percentage	73.0	55.8	35.3	63.9
روز تا رسیدگی Days to maturity	67.0	67.5	72.5	67.8
ارتفاع گیاه Plant height	21.7	20.6	21.9	21.4
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.893	0.676	0.580	0.800
تعداد روز تا گل‌دهی Anthesis	46.4	47.3	50.0	47.0
تعداد غلاف Number of pods	16.3	15.0	21.3	16.6
عملکرد Yield	0.369	0.262	0.235	0.325
شاخص برداشت HI	41.5	39.3	39.7	40.7



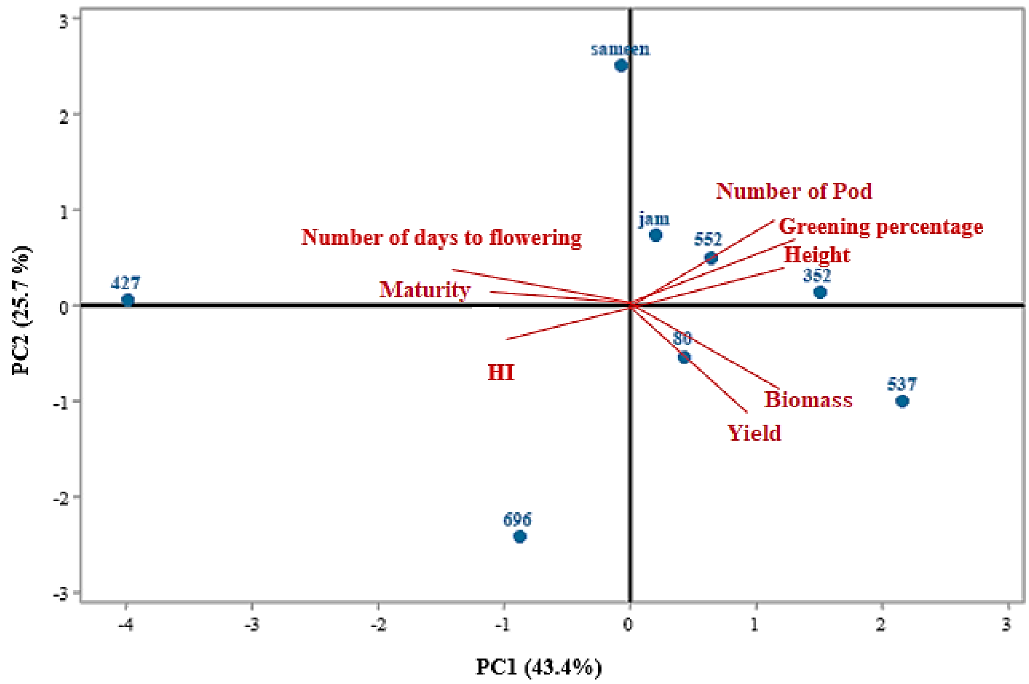
شکل ۱۰- گروه‌بندی خوشه‌ای ژنوتیپ‌های نخود تحت تأثیر صفات مختلف در تاریخ کاشت ۲۴ فروردین

Fig. 10- Cluster grouping of chickpea genotypes affected by different traits on planting date of April 13

جدول ۵- ارزش ویژه، درصد تغییرات، واریانس تجمعی و همبستگی بین متغیرهای اصلی و چهار عامل حاصل از تجزیه مؤلفه اصلی (PC) ژنوتیپ‌های نخود در تاریخ کاشت ۱۴ اسفند

Table 5- Eigenvalue, percentage of changes, cumulative variance and correlation between the main variables and four factors resulting from the analysis of the principal component (PC) of chickpea genotypes on the planting date of March 5

Characteristics شاخص‌ها	مؤلفه اصلی ۱ PC1	مؤلفه اصلی ۲ PC2	مؤلفه اصلی ۳ PC3	مؤلفه اصلی ۴ PC4
درصد سبز شدن Emergence percentage	0.336	0.260	-0.470	-0.301
روز تا رسیدگی Days to maturity	-0.376	0.015	-0.537	0.381
ارتفاع گیاه Plant height	0.362	0.159	-0.577	-0.019
عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.330	-0.519	-0.084	0.252
تعداد روز تا گل‌دهی Anthesis	-0.475	0.103	-0.262	0.281
تعداد غلاف Number of pods	0.362	0.477	0.155	0.155
عملکرد Yield	0.269	-0.586	-0.149	0.131
شاخص برداشت HI	-0.276	-0.237	-0.187	-0.762
مقدار ویژه Eigenvalue	3.48	2.05	1.16	0.955
تناسب Proportion	43.4	25.7	14.5	11.9
تجمعی Cumulative	43.4	69.1	83.7	95.6



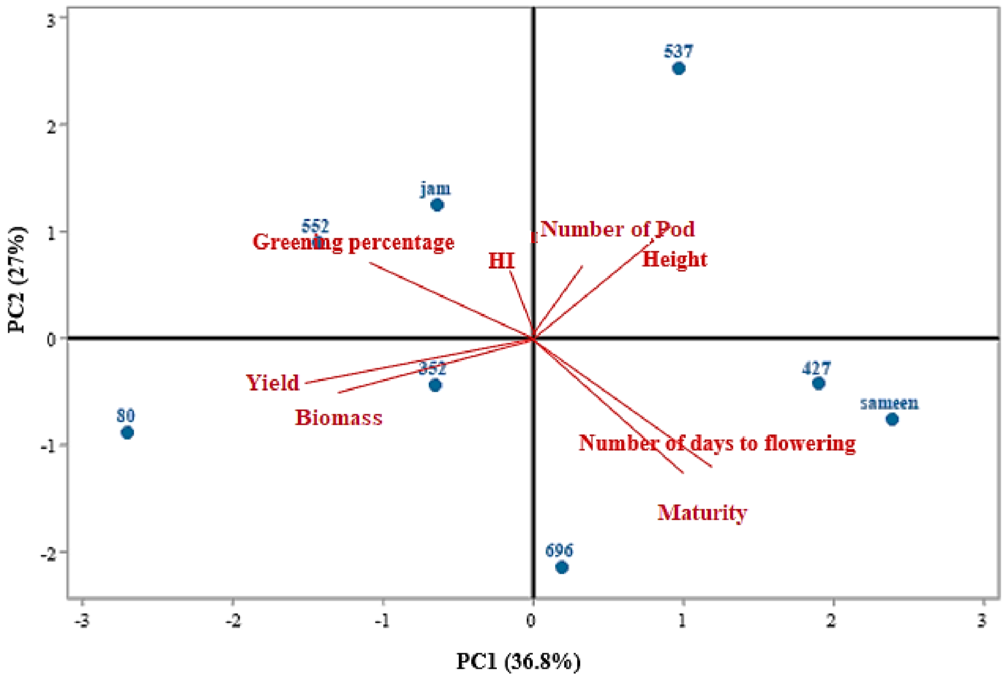
شکل ۱۱- نمودار بارگذاری کلیه متغیرهای اندازه‌گیری شده در تجزیه مؤلفه‌های اصلی ژنوتیپ‌های نخود در تاریخ کاشت ۱۴ اسفند

Fig. 11- The loading diagram of all measured variables in the analysis of main components for chickpea genotypes on planting date of March 5

جدول ۶- ارزش ویژه، درصد تغییرات، واریانس تجمعی و همبستگی بین متغیرهای اصلی و چهار عامل حاصل از تجزیه مؤلفه اصلی (PC)ژنوتیپ‌های نخود در تاریخ کاشت ۲۴ فروردین

Table 6- Eigenvalue, percentage of changes, cumulative variance and correlation between main variables and four factors resulting from principal component analysis (PC) of chickpea genotypes on April 13 planting date

Characteristics شاخص‌ها	مؤلفه اصلی ۱ PC1	مؤلفه اصلی ۲ PC2	مؤلفه اصلی ۳ PC3	مؤلفه اصلی ۴ PC4
درصد سبز شدن Emergence percentage	-0.338	0.260	0.446	0.497
رسیدگی Maturity	0.333	-0.461	0.278	0.271
ارتفاع Plant	0.258	0.532	0.077	0.515
عملکرد بیولوژیک Biological yield	-0.517	-0.274	-0.060	0.244
تعداد روز تا گل‌دهی Anthesis	0.395	-0.428	0.176	0.333
تعداد غلاف Number of pods	0.072	0.205	-0.614	0.325
عملکرد Yield	-0.527	-0.245	-0.013	0.188
شاخص برداشت HI	-0.045	0.277	0.553	-0.322
مقدار ویژه Eigenvalue	2.95	2.16	1.69	0.575
تناسب Proportion	36.8	27	21.2	7.2
تجمعی Cumulative	36.8	63.8	85	92.1



شکل ۱۲- نمودار بارگذاری کلیه متغیرهای اندازه‌گیری شده در تجزیه مؤلفه‌های اصلی ژنوتیپ‌های نخود در تاریخ کاشت ۲۴ فروردین

Fig. 12- The loading diagram of all measured variables in the analysis of the main components for chickpea genotypes on the planting date of April 13

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده، چنین استنباط می‌شود که به‌لحاظ تمامی صفات تاریخ کاشت اول (۱۴ اسفند) نسبت به تاریخ کاشت دوم (۲۴ فروردین) برتری چشمگیری داشته و به‌عنوان تاریخ کاشت مناسب‌تر می‌توان در نظر گرفت. از سوی دیگر، ژنوتیپ‌ها در صفات مختلف، واکنش متفاوتی داشته‌اند که از دلایل آن می‌توان به تفاوت ژنتیکی در ژنوتیپ‌های مختلف اشاره کرد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های MCC ۵۳۷ و MCC۶۹۶ پاسخ‌های بهتری نسبت به شرایط محیطی داشتند که می‌توان از آن‌ها جهت برنامه‌های اصلاحی و به‌گزینی استفاده کرد. بنابراین، در صورت اثبات کارایی آن‌ها در آزمایشات پایداری عملکرد و اجزای عملکرد در آزمایشات بعدی، بتوان آن‌ها را به‌عنوان ژنوتیپ‌های امیدبخش معرفی کرد.

References

Ahluwalia, O., Singh, P. C., & Bhatia, R. (2021). A review on drought stress in plants: Implications, mitigation and the role of plant growth promoting rhizobacteria. *Resources, Environment and Sustainability*, *5*, 100032. https://doi.org/10.1016/j.resenv.2021.100032

Aliu, S., Kaul, H. P., Rusinovich, I., ShalaMayrhofer, V., Fetahu, S., & Zeka, D. (2016). Genetic diversity for some nutritive traits of chickpea (*Cicer arietinum* L.) from different regions in Kosova. *Turkish Journal of Field, Crops*, *21*(1), 156161.

Amraei, B. (2022). Effects of planting date and plant density on yield and some physiological characteristics of single cross 550 hybrid maize as a second crop. *Caspian Journal of Environmental Sciences*, *20*(4), 683-691. http://doi.org/10.22124/cjes.2022.5720

Anbessa, Y., Warkentin, T., Vandenberg, A., & Ball, R. (2006). Inheritance of time to flowering in chickpea in a short-season temperate environment. *Journal of Heredity*, *97*(1), 55-61.

Benali, A., El Haddad, N., Patil, S. B., Goyal, A., Hejjaoui, K., El Baouchi, A., Gaboun, F., Taghouti, M., Ouhssine, M., & Kumar, S. (2023). Impact of terminal heat and combined heat-drought stress on plant growth, yield, grain size, and nutritional quality in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plants*, *12*, 3726. https://doi.org/10.3390/plants12213726

Devasirvatham, V., & Tan, D. K. Y. (2018). Impact of high temperature and drought stresses on chickpea production. *Agronomy*, *8*, 145. https://doi.org/10.3390/agronomy8080145

Devasirvatham, V., Tan, D. K. Y., Gaur, P. M., & Trethowan, R. M. (2015) Chickpea and temperature stress. In: Legumes under Environmental Stress: Yield, Improvement and Adaptations. John Wiley and Sons, Oxford, pp. 81-90. ISBN 978-1-118-91708-4

Edziri, H., Chehab, H., Aissaoui, F., Boujnah, D., & Mastouri, M. (2021). Photosynthetic, anatomical and biochemical responses of olive tree (*Olea europaea*) cultivars under water stress. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*, *155*(4), 740-6.

FAOSTAT Rome. [(accessed on 17 December 2021)]. Available online: https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development*, *29*(1), 185-212. ffhal-00886451f.

Fernández-García, P., López-Bellido, L., Munoz-Romero, V., & López-Bellido, R. J. (2013). Chickpea water use efficiency as affected by tillage in rainfed Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, *129*, 194-199.

Hajarpoor, A., Meghdadi, N., Soltani, A., & Kamkar, B. (2016). Assessment of the adaptation strategiesin rainfed chickpea in response to future climate change in Zanjan province. *Journal of Agroecology*, *8*(2), 169-181. https://doi.org/10.22067/jag.v8i2.34886

Hassanfard, A., & Nabati, J. (2023). Selection of cold tolerant chickpea genotypes based on cluster analysis. The First National Chickpea Festival and Conference. Kermanshah, Iran.

Hu, J., Zhao, X., Gu, L., Liu, P., Zhao, B., Zhang, J., & Ren, B. (2023). The effects of high temperature, drought, and their combined stresses on the photosynthesis and senescence of summer maize. *Agricultural Water Management*, *289*, 108525.

Iravani Panah, H., Parsa Motlagh, B., Soleimani, A., & Mazaheri Tirani, M. (2022). Effect of different sowing dates on yield and some physiological traits of three chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, *53*(2), 1-16. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2021.321358.654817

Islam, M. R., Sarker, B. C., Alam, M. A., Javed, T., Alam, M. J., Zaman, M. S. U., Azam, M. G., Shabbir, R., Raza, A., & Habib-ur-Rahman, M. (2021). Yield stability and genotype environment interaction of

water deficit stress tolerant mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczak) genotypes of Bangladesh. *Agronomy*, *11*, 2136. https://doi.org/10.3390/agronomy11112136

Jicheng, Y., & López J. M. (2020). Understanding MAPK signaling pathways in apoptosis. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(7), 2346. https://doi.org/10.3390/ijms21072346

Liu, B., Kanazawa, A., Matsumura, H., Takahashi, R., Harad0a, K., & Jun, A. (2008). Genetic redundancy in soybean photo responses associated with duplication of the phytochrome A gene. *Genetics*, *180*, 995–1007. http://doi.org/10.1534/ genetics.108.092742

Malik, S. R., Shabbir, G., Zubir, M., Iqbal, S. M., & Asghar, A. (2014). Genetic diversity analysis of morpho-genetic traits in Desi chickpea (*Cicer arietinum*). *International Journal of Agriculture and Biology*, *16*, 1560-8530.

Muehlbauer, F. J., & Tulle, A. (1997). Purdue University *Cicer arietinum* L. NewCrop FactSHEET. Center for New Crops and Plant Products.

Oguz, M. C., Aycan, M., Oguz, E., Poyraz, I., & Yildiz, M. (2022). Drought stress tolerance in plants: Interplay of molecular, biochemical and physiological responses in important development stages. *Physiologia*, *2*, 180-197. https://doi.org/10.3390/physiologia2040015

Pang, J., Turner, N. C., Khan, T., Du, Y. L., Xiong, J. L., Colmer, T. D., Devilla, R., Stefanova, K., & Siddique, K. H. M. (2017). Response of chickpea (*Cicer arietinum* L.) to terminal drought: Leaf stomatal conductance, pod abscisic acid concentration, and seed set. *Journal of Experimental Botany*, *68*(8), 1973–1985. https://doi.org/10.1093/jxb/erw153

Pezeshkpour, P., Minapour, A., & Raeisvand, M. (2021). Seed yield stability of autumn sowing chickpea genotypes using nonparametric methods. *Journal of Crop Production*, *14*(4), 1-20. http://doi.org/10.22069/ejcp.2022.18882.2408

Qulmamatova, D. E. (2023). Chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes evaluation for high yield through multivariate analysis. *SABRAO Journal of Breeding and Genetics*, *55*(1), 107-114. http://doi.org/10.54910/sabrao2023.55.1.10

Rozan, P., Kuo, Y. H., & Lambein, F. (2001). Amino acids in seeds and seedlings of the genus *Lens*. *Phytochemistry*, 58(2), 281-9. http://doi.org/10.1016/s0031-9422(01)00200-x

Sajid, S. S., & Hu, G. (2022) Optimizing crop planting schedule considering planting window and storage capacity. *Frontiers in Plant Science*, *13*, 762446. http://doi.org/10.3389/fpls.2022.762446

Seyedi, M., Azadbakht, A., Fesahat, A. (2018). Evaluation of growing properties, yield and component yield of three chickpea cultivar in waiting and spring sowing. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*, *14*(1), 73-86. (In Persian with English Abstract)

Seyedi, S. M., & Hamzei, J. (2020). Study of the effect of planting dates on the quantitative and qualitative performance of chickpea cultivars under dry conditions. *Plant Production Research*, *28*(4), 65-83. http://doi.org/10.22069/jopp.17459.2608

Sherin, G., Aswathi, K. P. R., & Puthur, J. T. (2022) Photosynthetic functions in plants subjected to stresses are positively influenced by priming. *Plant Stress*, *4*, 100079.

Skendžić, S., Zovko, M., Živković, I. P., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). The impact of climate change on agricultural insect pests. *Insects*, *12*(5), 440. http://doi.org/10.3390/insects12050440.

Tiwari, P. N., Tiwari, S., Sapre, S., Babbar, A., Tripathi, N., Tiwari, S., & Tripathi, M. K. (2023). Screening and selection of drought-tolerant high-yielding chickpea genotypes based on physio-biochemical selection indices and yield trials. *Life*, *13*, 1405. https://doi.org/10.3390/life13061405

Trabelsi, L., Gargouri, K., Hassena, A. B., Mbadra, C., Ghrab, M., Ncube, B., & Gargouri, R. (2019). Impact of drought and salinity on olive water status and physiological performance in an arid climate. *Agricultural Water Management*, *213*, 749-759.

Yano, T., Aydin, M., & Haraguchi, T. (2007). Impact of climate change on irrigation demand and crop growth in a Mediterranean environment of Turkey. *Sensors (Basel)*, *7*, 2297-2315.

Zaferanieh, M., Nezami, A., Parsa, M., Porsa, H., & Bagheri, A. (2009). Evaluation of fall sowing of cold tolerant chickpea (*Cicer arietinum* L.) germplasms under complementary irrigation in Mashhad condition: 2- Yield and yield components. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *7*, 483-492. (In Persian with English Abstract)

Zali, A. G., Ehsanzadeh, P., & Razmjoo, J. (2015). Effects of irrigation regimes on seed yield and yield components of chickpea cultivars at two autumn and spring planting seasons in Lorestan province. *Iranian Journal of Crop Science*, *46*(1), 123-135. https://doi.org/10.22059/ijfcs.2015.54052. (In Persian with English Abstract)